

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-196624

(43)公開日 平成9年(1997)7月31日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 B 11/02

G 0 1 B 11/02

H

G 0 1 J 9/00

G 0 1 J 9/00

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 18 頁)

(21)出願番号

特願平8-6720

(22)出願日

平成8年(1996)1月18日

(71)出願人 000115902

レーザーテック株式会社

神奈川県横浜市港北区綱島東4-10-4

(72)発明者 楠瀬 治彦

神奈川県横浜市港北区綱島東4-10-4

レーザーテック株式会社内

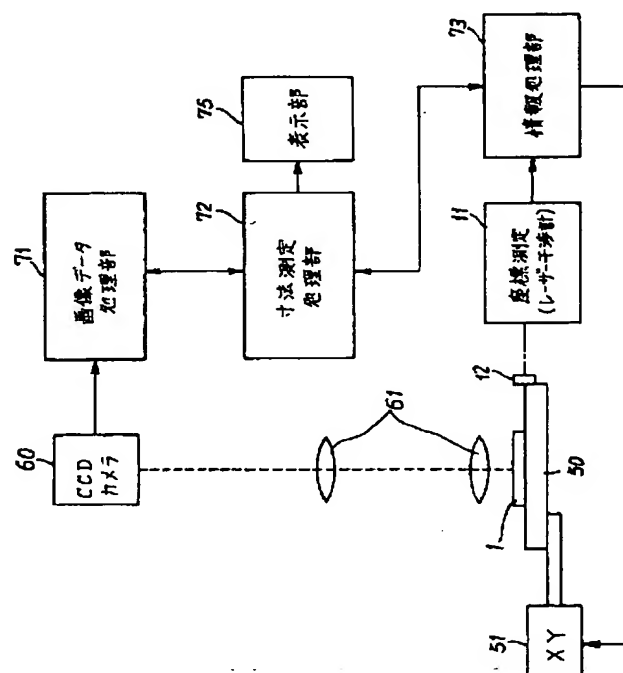
(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外4名)

(54)【発明の名称】 微小寸法測定方法、及び装置

(57)【要約】

【課題】 ビームスキャン方式の不利等を解消し、被測定部分を撮像して得る2次元像を利用する方法の利点は活かしつつ、高精度に微小寸法を測定する。

【解決手段】 XYステージ50によるステージ制御システム、試料1のパターンを2次元情報として撮像するCCDカメラ60、ステージ位置座標を得るレーザー干渉計11、画像データ処理部71、寸法測定処理部72等をもつ。拡大された2次元像面上の限定された領域でのパターン部分の2次元像及びレーザー干渉計からのステージ位置をモニタしながらスキャンする。得られた2次元像に対し、ステージ位置座標を用いて並べ替えを行い、画素間隔が緻密な2次元データを再構築し、次にスキャン方向と平行で、パターンセンタ等の所定位置での1次元方向の信号レベルをプロットすることにより光学プロファイルを得、該光学プロファイルに対して予め設定したスライスレベルでパターン寸法を決定する。



BEST AVAILABLE COPY

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料の測定対象の微少部分の寸法を測定する測定方法であって、ステージ上に載置した前記試料の測定対象部分の撮像素子の撮像による 2 次元像及びステージ位置測定機により得られる当該ステージ位置をモニタしながら該ステージをスキャンすることにより、該ステージスキャンで得られる画像情報に対し、そのステージ位置座標を用いて並べ替えを行い、これを基に前記スキャン方向と平行な所定位置での 1 次元方向の前記測定対象部分の光学プロファイルを得て、その光学プロファイルから前記測定対象部分の寸法を求めるようにする、ことを特徴とする微少寸法測定方法。

【請求項 2】 フォトマスクその他これに類する試料の測定対象のパターン寸法を測定する微少寸法測定装置であって、駆動制御されるステージと、該ステージ上に載置される前記試料のパターン部分を 2 次元情報として撮像する撮像手段と、前記ステージのスキャン方向のステージ位置を測定して位置座標情報を得る測定手段とを有し、これら手段を用いて、拡大された 2 次元像面上の限定された領域での前記パターン部分の 2 次元像、及び前記測定手段によって得られる前記ステージ位置座標をモニタしながらステージスキャンをさせるとともに、斯くスキャン中に得られる前記情報を取り込んで処理する手段を備え、該処理手段は、前記 2 次元像に対し、前記ステージ位置座標を用いて並べ替えを行い、画素間隔が緻密な 2 次元データを再構築し、該データを基に前記ステージスキャン方向と平行で所定位置での 1 次元方向の信号レベルをプロットすることにより光学プロファイルを得、該光学プロファイルに対して予め設定した基準レベルを用いてパターン寸法を決定するよう構成してなる、ことを特徴とする微少寸法測定装置。

【請求項 3】 フォトマスクその他これに類する試料の測定対象のパターン寸法を測定する微少寸法測定方法であって、直交する X 方向及び Y 方向に駆動制御可能な X Y ステージと、該 X Y ステージ上に載置される前記試料のパターン部分を 2 次元情報として撮像する撮像手段と、前記 X Y ステージの X 方向スキャン、Y 方向スキャンの各方向のそれぞれのステージ位置を測定してステージ位置座標情報を得る測定手段とを用い、前記 X 方向及び Y 方向のうちの一方の第 1 の方向に、前記 X Y ステージをスキャンしてパターン位置検出スキャンを行い、前記 2 次元情報とステージ位置座標情報を用いて、該第 1 の方向に関する前記パターンの所定箇所的位置を検出し、斯く検出した第 1 の方向上のパターンの所定位置を基準

2

に、前記 X 方向及び Y 方向のうちの他方の第 2 の方向に、前記 X Y ステージをスキャンしてパターン位置検出スキャンを行い、前記 2 次元情報とステージ位置座標情報を用いて、該第 2 の方向に関する前記パターンの所定箇所の位置を検出し、斯く検出した第 2 の方向上のパターンの所定位置を基準に、前記第 1 の方向に前記 X Y ステージをスキャンすることにより、該第 1 の方向における前記パターンの寸法を求めるようにする、ことを特徴とする微少寸法測定方法。

【請求項 4】 フォトマスクその他これに類する試料の測定対象のパターン寸法を測定する微少寸法測定方法であって、

少なくとも一方向に駆動制御可能なステージと、該ステージ上に載置される前記試料のパターン部分を 2 次元情報として撮像する撮像手段と、前記ステージのスキャン方向、及び該スキャン方向と直交する方向の各方向のそれぞれのステージ位置を測定してステージ位置座標情報を得る測定手段とを用い、前記ステージ上に載置した前記試料のパターンの前記撮像手段による 2 次元像及び前記測定手段により得られる当該ステージ位置をモニタしながら該ステージを前記スキャン方向にスキャンすることにより、前記 2 次元情報とステージ位置座標情報を用いて、前記スキャン方向と平行な所定位置での 1 次元方向における前記パターンの寸法を求めるようにするとともに、該パターンの寸法を求める際に、当該ステージスキャンと直交する方向のステージ位置誤差に対する補正をするべく、前記測定手段により該ステージ位置誤差を求め、そのステージ位置誤差に応じ、当該誤差分に対応する分、ずれた位置の画像データを採用することによって、前記パターンの寸法を決定するようになす、ことを特徴とする微少寸法測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微少寸法の測定方法及び装置、例えばフォトマスク等のパターンの寸法など微少部分の寸法を測定するのに有利に用いることのできる測定方法及び測定装置に関するものである。

## 【0002】

【発明が解決しようとする課題】フォトマスクや IC 等のパターンのような微細な構造を対象として、その形状寸法等を測定する場合、次のような方式によるものを用いることができる。一つは、(a) ビームを、被測定部分（試料の特定部分）に対してスキャンするビームスキャン方式であり、また、同様にビームを用いる方式はあるが、(b) ビームに対して、被測定側（試料側）をスキャンする方法である。そして、他の一つの方式は、(c) 被測定部分を撮像する撮像素子によって得られる 2 次元像を基に、これを利用して特定部分の寸法を求め

3

ような方法である。

【0003】寸法測定には、このような方法（基本的には2つ、具体的に分ければ、上述の3つ）を用いることができるが、図10は、そのうち、典型的なビームスキャンによる方法の内容を示す。ここでは、フォトマスク等のパターンの微少寸法測長方法として、指定した位置をビームスキャンする方式（a）を示してある。この方式（a）の場合の測定装置にあつては、上記（b）の方法による装置が、光源側のビームは固定であつて、試料側の方をスキャンさせる（例えば、試料を可動のステージ上にセットし、走査のためには該ステージを移動させる（ステージスキャン））ことで測定のための光学的走査を行わせるものであるのに対し、その関係とは逆である。即ち、図のように、フォトマスク等の試料は（移動させずに）固定的に配置し、そのように設置した試料に対し、図示の如くビームをスキャンさせることによって測定のための光学的走査をする。

【0004】従つて、ビームスキャン方式の装置では、例えば、レーザー光源と、該光源から出射されるレーザービームを試料に照射しつつ該ビームを走査する機構とを備え、これにより、図の如くに、ビームを被測定箇所（パターン）に対してスキャンする。そして、ビームスキャン時、試料面から反射してきた反射光を受光装置で受光して光強度を測定することにより当該ビームスキャン方向でのパターンの寸法（パターンサイズ）の検出を行う。

【0005】図のような特定位置（パターンを横切る状態）で、ビームが試料面上のパターン部分を図中左から右方向へとスキャンされれば、そのとき受光装置で光電変換して得られる反射光信号（光電出力信号）は、該ビームスキャンに伴うその走査方向上でクロスする部分の試料上のパターンの形状や大きさ等に対応して反射光強度の強い（高い）部分、弱い（低い）部分を表す光強度（I）変化を示すものとして得ることができる。従つて、図下部に例示するように、例えば予め設定した、光強度に関するスライスレベルを用い、その変化点（パターンエッジ）を検出しパターン寸法を決定することができる。

【0006】かかる微少寸法測長方法によるときは、ビームをスキャンさせなければならない。そのため、装置には光源側でビームをスキャンする構造が必要とされる。基本的には、かかる測定装置では、測定目的の試料面上の被測定部分をビームがそのようなスキャンのための手段によって一定の速度で移動（走査）し、かつ、上記のような光強度変化を生じた各変化点が分かると、そのデータに基づく演算処理により、測定したいパターン寸法は、その間におけるビーム移動量として求められるものではある。ところが、その試料面上に照射された実際のビームの移動量についての情報が、不確定、不正確なものであれば、測定結果には、その分の誤差を伴う。従

4

つて、高精度の微少寸法測定を行おうとする上では、良好な測定結果は期待できず、また、再測時もその測定結果はバラツキの大きなものとなりがちである。

【0007】試料面上の被測定部分での現実のビームの移動がどの程度の量であるかといったことを、直に、的確に検出することは容易ではない。ビーム速度（距離／時間）と時間の積として、該量を換算で求める場合でも、上記反射光信号に基づく光強度変化を生じた各変化点間における時間間隔の方のデータはたとえ正確に分かつて、それは、前提としてビーム速度＝一定、即ち試料面上の被測定部分でのビームの速度が極めて正確に安定して一定であるということが条件となるものでもある。もし、ビーム速度が変動するようだと、精度を余り要求されないレベルの形状寸法測定であれば精度上も必要な測定結果が得られてそれで足りるという場合もあるが、しかし、微少寸法測定の場合にとっては、十分に満足すべき結果は得られない場合が生ずる。従つて、より高精度にその寸法測定を実現しようというとき、ビーム速度の不確定性は、測定精度に影響を与えることになる。

【0008】一方、上記（c）の方法は、後述でも参照するが、図11、12の如く、例えばCCD等の撮像素子で、対象となるパターン像をとらえる方式とすることができる。ここでは、撮像範囲はフォトマスク等のパターン全体を含んで設定することができ、試料側も固定であり、他方、撮像素子側も固定でよく、両者はともに固定的な関係にある。そして、この場合は、画素（ピクセル）が2次元（所定行×所定列）で配列されており、それぞれの画素個々では撮像パターン像に対応する光信号強度レベルが得られる。従つて、それら画素間の信号強度をみていけば、即ち、例えば撮像される像中のその被測定パターンの像部分を含んで、或る特定の一行（列）分の画素要素部分だけに着目して、その個々の画素分の信号を得るように検出し、信号処理を行うと、例えば図12下部のように、やはり、図10の信号波形と同様な特性をもって、試料上の所定方向に沿う光強度についての分布が得られる。

【0009】ここでは、上記の如くパターンを含んで取り込まれた2次元データを基に、そのパターン寸法測定の一例として、1行目～m行目画素のうちのk行目の画素列の光強度のレベルの変化を対象とする場合が示されている。従つて、基本的には、取り込んだ画像情報のうち、かかるk行目の画素の1列目～n列目画素中の信号を参照する。そして、例えば、所定レベル値と比較し、それを境に、光強度が高レベル側から低レベルへ変化した箇所から、低レベル側から高レベルへ変化した箇所までの間に、何画素分あったのか、その個数xを求める。

【0010】即ち、装置の演算部では、第何列目の画素から第何列目までの画素にわたって信号レベルが所定レベル値を下回っているかを判定するものである。具体的

には、何列目の画素と何列目の画素間でスライスレベルを横切るような高→低レベルの転換が生じているか、及び、同様に何列目の画素と何列目の画素間でスライスレベルを横切るような低→高レベルの転換が生じているかをそれぞれ検出することで、その間の幅を、当該k行目の画素に対応するパターン部分の寸法として得ることができる。こうして、撮像素子によって得られる2次元像の特定部分の寸法を求める方法によって、微少寸法の測定が行える。この場合は、使用CCDカメラ等における画素単位で、その大きさを基に、これに上記検出画素数(x)を乗じて得られる値が、求める寸法長さとして換

算算出され、これが、該当する部分のパターン寸法として求められることになる。

【0011】この方法によるときは、撮像素子側も試料側も固定でよい等の特長を有する。よって、上記(a)のスキャン方式の場合なら必要とされるようなビームスキャンの如き構成を使用しないで済むものであり、従ってまた、そのための不利等もなくて良い。しかしながら、他方で、かかる画素間の信号処理による場合、上記のように何画素分あるかということが、測定の基本であって、分解能は、その一画素分の大きさ、長さで制約され、それ以上の測定の高精度化が望まれる場合にはこれに对应できない。その点で、精度向上に一定の限界があり、また、画素間の距離は必ずしも正確ではなく、従って、これに起因する誤差を生ずる場合もある。各画素の大きさ、あるいは画素間距離等のばらつきがあると、たとえ、同一の測定対象箇所の測定でも、そのデータが信号処理に適用されることとなる画素行が異なるなどする等、場合いかんで、測定結果がずれるものになる。

【0012】本発明は、上述したような考察点から改善を加え、ビームスキャン方式による場合の不利、不便を解消しつつ、かつ、上記の如き被測定部分を撮像して得られる2次元像を利用する方法による場合の利点はこれをできるだけ活かしつつ、高精度に微少寸法を測定するのに好適な方法及び装置を実現しようというものである。また、他の目的は、微少寸法の測定に際しての測定再現性の向上を図ることである。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明によって、下記の微少寸法測定方法、及び装置が提供される。本発明は、試料の測定対象の微少部分の寸法を測定する測定方法であって、ステージ上に載置した前記試料の測定対象部分の撮像素子の撮像による2次元像及びステージ位置測定機により得られる当該ステージ位置をモニタしながら該ステージをスキャンすることにより、該ステージスキャンで得られる画像情報に対し、そのステージ位置座標を用いて並べ替えを行い、これを基に前記スキャン方向と平行な所定位置での1次元方向の前記測定対象部分の光学プロファイルを得て、その光学プロファイルから前記測定対象部分の寸法を求めるようにする、ことを特徴と

するものである。よって、本測定方法は、単なるビームを用いるスキャン方式による場合の不利、不便を解消しつつ、かつ、被測定部分を撮像して得られる2次元像を利用する方法による場合の利点はこれをできるだけ活かしつつ、高精度に微少寸法を測定するのに好適であり、寸法測定する方向、即ちスキャン方向について、非常に緻密なデータに基づく光学プロファイルを得て、よりきめ細かな微少寸法測定が可能で、フォトマスク等のパターンの寸法など微少部分の寸法を測定するのに有利に用いることのできる微少寸法測定を実現することを可能ならしめる。

【0014】また、本発明は、フォトマスクその他これに類する試料の測定対象のパターン寸法を測定する微少寸法測定装置であって、駆動制御されるステージと、該ステージ上に載置される前記試料のパターン部分を2次元情報として撮像する撮像手段と、前記ステージのスキャン方向のステージ位置を測定して位置座標情報を得る測定手段とを有し、これら手段を用いて、拡大された2次元像面上の限定された領域での前記パターン部分の2次元像、及び前記測定手段によって得られる前記ステージ位置座標をモニタしながらステージスキャンをさせるとともに、斯くスキャン中に得られる前記情報を取り込んで処理する手段を備え、該処理手段は、前記2次元像に対し、前記ステージ位置座標を用いて並べ替えを行い、画素間隔が緻密な2次元データを再構築し、該データを基に前記ステージスキャン方向と平行で所定位置での1次元方向の信号レベルをプロットすることにより光学プロファイルを得、該光学プロファイルに対して予め設定した基準レベルを用いてパターン寸法を決定するよう構成して、好適に実施でき、同様に上記のことを実現することを可能ならしめる。

【0015】また、本発明によって、フォトマスクその他これに類する試料の測定対象のパターン寸法を測定する微少寸法測定方法であって、直交するX方向及びY方向に駆動制御可能なXYステージと、該XYステージ上に載置される前記試料のパターン部分を2次元情報として撮像する撮像手段と、前記XYステージのX方向スキャン、Y方向スキャンの各方向のそれぞれのステージ位置を測定してステージ位置座標情報を得る測定手段とを用い、前記X方向及びY方向のうちの一方の第1の方向(例えばX方向)に、前記XYステージをスキャンしてパターン位置検出スキャンを行い、前記2次元情報とステージ位置座標情報を用いて、該第1の方向(例えばX方向)に関する前記パターンの所定箇所(例えばパターン中心)の位置を検出し、斯く検出した第1の方向上のパターンの所定位置を基準に、前記X方向及びY方向のうちの他方の第2の方向(例えばY方向)に、前記XYステージをスキャンしてパターン位置検出スキャンを行い、前記2次元情報とステージ位置座標情報を用いて、該第2の方向(例えばY方向)に関する前記パターンの

7

所定箇所（例えばパターン中心）の位置を検出し、斯く検出した第2の方向上のパターンの所定位置を基準に、前記第1の方向に前記XYステージをスキャンすることにより、該第1の方向（例えばX方向）における前記パターンの寸法（例えばパターンセンタでのX方向寸法）を求めるようにする、ことを特徴とする微少寸法測定方法が提供される。これによると、同一箇所スキャンに好適で、常に試料上の同一箇所（もしくはほぼ同一箇所）の測定結果が得られて、測定再現性が向上する。従って、たとえコンタクトホールのように丸みを帯びたパターンに対しても、容易に測定再現性を向上させることができる。また、その第2回目のスキャンにおいて、その他方の方向（例えばY方向）における当該パターンの寸法（例えばパターンセンタでのY方向寸法）を求めるようにすることもでき、こうすると、3回のスキャンでその直交2方向のX/Y寸法を求めることもできる。また、これに限らず、十字、及びL字パターン等も同様に、特定の場所をスキャンし、測定再現性を改善することができる。

【0016】また、本発明によって、フォトマスクその他これに類する試料の測定対象のパターン寸法を測定する微少寸法測定方法であって、少なくとも一方向（例えばX軸方向）に駆動制御可能なステージと、該ステージ上に載置される前記試料のパターン部分を2次元情報として撮像する撮像手段と、前記ステージのスキャン方向（例えばX軸方向）、及び該スキャン方向と直交する方向の各方向のそれぞれのステージ位置を測定してステージ位置座標情報を得る測定手段とを用い、前記ステージ上に載置した前記試料のパターンの前記撮像手段による2次元像及び前記測定手段により得られる当該ステージ位置をモニタしながら該ステージを前記スキャン方向（例えばX軸方向）にスキャンすることにより、前記2次元情報とステージ位置座標情報を用いて、前記スキャン方向（例えばX軸方向）と平行な所定位置での1次元方向における前記パターンの寸法（例えばパターンセンタでのX方向寸法）を求めるようにするとともに、該パターンの寸法を求める際に、当該ステージスキャンと直交する方向のステージ位置誤差に対する補正をするべく、前記測定手段により該ステージ位置誤差を求め、そのステージ位置誤差に応じ、当該誤差分に対応する分、ずれた位置の画像データを採用することによって、前記パターンの寸法（例えばパターンセンタでのX方向寸法）の決定するようになす、ことを特徴とする微少寸法測定方法が提供される。これによると、ステージスキャンと直交する方向のステージ位置誤差を補正することができ、可動ステージに機械的な誤差があっても、その誤差による測定精度、測定再現性の低下等を回避し得、例えばパターンセンタの寸法測定でも、予め画像データを広めの範囲で取り込み、その中からステージ誤差分だけずれた位置の画素データを採用することによって、画素

8

単位で適切な補正ができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。図1は、本発明による微少寸法測定を実施するための測定装置の一実施例を示す。本装置は、基本的には、フォトマスク等の被測定試料1を載置する移動（可動）ステージ50、及び該ステージ位置を測定する座標測定機（例えばレーザー干渉計等）を有するステージ制御システムを備えるとともに、ステージ50上にセットした試料1がステージ50と一体に移動する時のその測定対象のパターン等の被測定部を撮像して2次元像を得る撮像素子による撮像カメラ、例えばCCDカメラ60と、その画像データとステージ位置座標データとを基に寸法測定のための演算処理等を行う処理系を備えて構成することができる。

【0018】また、本装置による測定方式の基本は、前述で触れた（b）方法による考えを基にそれを応用したものと、前記図11、12により説明した（c）の2次元画像を利用する方法による考えを更に拡張し応用したものとの、組み合わせが基礎となっている。なお、前記（c）の方法との対比でいえば、その方法（c）が、既述の如くに、2次元画像をみて、その画素間の信号で何画素あるか判断して寸法を測定するという考えに基づくものであり、その場合、試料は固定でスキャンしないのに対して、本測定方式では、測定にはCCDカメラ60の2次元像を使用するとともに、試料1側をスキャンするようにもなす。

【0019】上記移動ステージ50は、ここでは、XY直交2軸のXYステージとして示されており、それぞれXステージ駆動系、Yステージ駆動系による駆動機構51でX軸方向、Y軸方向に駆動される。また、X軸方向の系とY軸方向の系のそれぞれに、座標測定のためレーザー干渉計（干渉計本体）11が設けられ、そして、かかるレーザー干渉計11と、ステージ50と一体に移動するようステージ側に固定したミラー12（反射ミラー）との間に、レーザー光が往復する干渉計光路を形成してそれぞれレーザー干渉式測距計を構成させる。

【0020】レーザー干渉式測距計は、レーザー光の干渉を利用し、機械的な長さや2地点間の距離の精密測定を光学的に行うことができる測長機であって、ここでは、レーザー干渉計11、及び上記ステージ側のステージミラー12を含み、更には、干渉縞強度の変化等に基づき検出される光電変換信号を用いて、例えば干渉縞計数法により測定長を求めるための情報処理部73を含んで構成される。各レーザー干渉計11と接続される情報処理部73は、試料1を載置したXYステージ50のX座標、Y座標の測定部として機能し、ステージスキャンに伴い変化する対応するレーザー干渉計11とステージミラー12間の距離（スキャン方向上の距離）に応じ、使用レーザー光の波長を長さの基準として用いてステージ

50の移動量、従ってXYステージ位置を高精度に測定する。

【0021】一方、このようにスキャン位置がモニタされるXYステージ50上の試料(サンプル)面を2次元情報として撮像するよう、レンズ61による光学系を介挿してCCDカメラ60が設置され、これによりその試料1中の目的の被測定部分が撮像される。従って、本測定方式では、試料1、例えばフォトマスク等をセットしたステージ50をスキャンして、なおかつ、2次元像もとらえている点に特徴づけられる。CCDカメラ60には、画像データ処理部71(画像処理装置)が接続される。ステージスキャン中、撮像して得られる信号(画像データ)は該処理部に取り込まれる。寸法測定処理部72は、スキャン中逐次取り込んだデータに基づいて、後述の如きデータ信号処理によりフォトマスク等のパターンのスキャン方向の寸法測定をする。この場合において、パターン寸法測定に、レーザー干渉測距計側の情報処理部73において得られるステージ位置座標が用いられる。

【0022】本実施例装置の制御・信号処理系は、上記レーザー干渉計11と接続される情報処理部73、及びCCDカメラ60と接続した画像データ処理部71、寸法測定処理部72、測定結果データの表示の用に供することができるディスプレイ等の表示部75を含み、また、情報処理部73にはXYステージ50の駆動系に対する駆動制御部等を含んで構成される。

【0023】〔測定方式〕上記構成の微少寸法測定装置において、測定は、基本的には、次のようにして実施する。

①拡大された2次元像面上の限定された領域での2次元像、及びレーザー干渉計によって得られるステージ位置をモニタしながらステージをスキャンをする。

②次に、上記で得られた2次元像に対し、ステージ位置座標を用いて並べ替えを行い、画素間隔が緻密な2次元データを再構築する。

③次に、スキャン方向と平行で特定位置での1次元方向の信号レベルをプロットすることによって光学プロファイルが得られる。

④次に、光学プロファイルに対して予め与えられたスライスレベルを用いてパターン寸法を決定する。

【0024】図2、3は、その寸法測定アルゴリズムを示し、これは、中央処理装置としての寸法測定処理部72の制御の下で実行される。ここでは、例えば、図4に撮像像として示されるような被測定部を有する試料1をステージ50上に載置し、スキャン方向として該ステージ50をX軸方向へスキャンする一方、同時にCCDカメラ60による撮像も行つて、その被測定部である微少なパターンの寸法(X寸法)を測る場合を例にとって説明する。

【0025】図2において、まず、ステージ50のX軸

方向のスキャン中、CCDカメラ60の撮像によって得られる2次元像のほか、そのステージ位置(X座標)のモニタを行う(ステップ100)。ここに、上記ステージ50の速度等の駆動制御は、ステージ制御システムの情報処理部73に対する寸法測定処理部72からの指令制御によってなされ、また、モニタ中のカメラ画像の取り込みタイミング等についても、寸法測定処理部72からの画像データ処理部71に対する指令制御によってなされる構成とすることができる。

【0026】具体的には、一例として、図3に示す如き手順内容に従って上記情報の取り込みを実行できる。同図での処理内容は、概略、寸法測定スキャン中かのチェック、被測定パターン部分の2次元像取り込み、ステージ位置座標取り込み、次回サンプリングタイミングかのチェックの各処理からなる(ステップ101~104)。まず、ステージ50がスキャン中か否かを判断する。そして、本例では、ステージ50がX軸方向に移動中でX寸法測定スキャン中であれば、拡大された2次元像面上の限定された領域での2次元像の取り込みを行い、かつまた、その時点でのステージ50のスキャン方向における位置座標、即ちX軸方向の系のレーザー干渉計11によって得られるステージ50のX座標位置の取り込みを実行する。

【0027】かかる画像、ステージ位置情報に対する処理は、図5(a)~(c)に例示する如く、ステージ50のX方向スキャンに伴いパターン像がCCDカメラ50の撮像面を、例えば同図(a)→同(b)→...→図4→...→同(c)というように徐々に移動していく過程において、予め定めた一定のサンプリングタイム間隔ごとに実行される。このようにして、該当するサンプリングタイミングでは、逐次、試料1の測定対象のパターン部分の2次元像の情報と、レーザー干渉測距計による高精度なXステージ位置座標との両者の情報が同期して取り込まれる。なお、この場合、CCDカメラ50からの画像に基づき画像データを取り込む領域については、スキャン方向(即ち、X方向)と直交する方向(即ちY方向)に関して或る幅をもって行い、例えば図5における、パターン像が存在しない上下の所定部分については、不要な部分のデータとして後述の処理の対象とせず、捨てるような処理方法を採用してもよい。

【0028】図2に戻り、次の手順では、上記で得られた2次元像に対し、同期して取り込まれたり込まれたステージ位置座標を用いて並べ替えを行い、画素間隔が緻密な2次元データを再構築する(ステップ110)。そして、これを用いて、本例では、スキャン方向であるXステージ移動方向と平行であつて、所望の特定位置におけるパターン寸法を求めるため、当該位置での1次元方向(X方向に沿う方向)の信号レベルをプロットすることにより、そのパターン部分の光学プロファイル(図6参照)を得る(ステップ120)。なお、上記の特定位



11

置は、測定対象となるパターン部分の寸法を求めたい箇所であり、例えば、図3や図4に併せて例示するような、丁度、パターンの中心（パターンセンター）となるような位置である。そのような箇所を選ぶと、この場合は、パターン中心位置で当該パターン部分をX軸方向に沿って横切るような方向での寸法（X寸法）測定されることになる（また、例えば測定対象が丸みを帯びたパターンのような場合におけるパターン中心での寸法測定手法の好適な例は、後記で述べられる）。そして、斯く得られる光学プロファイルによるパターン寸法決定を行う（ステップ130）。

【0029】ここで、本実施例で、試料1の撮像による2次元像及びレーザー干渉計11を用いて得られるXステージ位置座標をモニタしながらステージスキャンすることで得られるその2次元像に対し、そのX座標を用いて並べ替えを行い、画素間隔が緻密な2次元データを再構築するのは、以下のような理由に基づく。まず、本実施例において、ステージ50をスキャンするようにしたのは、次のような観点からである。例えば、前述の画素間の信号処理による（c）の方法の場合（図11、12）、画素間の距離は、必ずしも正確に分かっていない等の難点が指摘できるが、しかるに、本実施例装置では、そのステージ50の位置は、レーザー干渉計11で測れ、しかも、その精度は非常に高精度であって、光の波長の精度で測れる。特に、使用レーザー干渉計11として、例えばHe-Neレーザーをレーザー光源とするものを用いると、その波長は極めて安定しており、より高精度でステージ位置、即ち位置座標を測定することができる。

【0030】また、画像としては、前述の（c）の方法のように、2次元像をとらえているのにもかかわらず、更に、加えてステージ50側をスキャンするようにもしているのは、次のような効果を得ることを狙っている点にある。第一は、ビームをスキャンするような構造が不要となる点に大きな利点がある。より具体的には、ビームを動かす手法であると、既述の如く、現に試料面上を動かした距離（現実にビーム照射点とその試料面に沿ってその面上を動いた距離）は、いくらかつては、曖昧なもので、それを実際に検出することも難しいものとなり、高精度に微少寸法を測定したいときには、誤差の要因となる。これに対して、本方式では、撮像素子側のCCDカメラ60を固定しておき、ステージ50側は、これを単に位置を検出すれば足り、かつまた、そのステージ位置は、上記のように極めて高精度に容易に測定可能であるという利点がある。従って、まず、こうした点から、本実施例では、ステージ50をスキャンしようとする方式を導入するものである。

【0031】次に、本実施例では、かかるステージスキャン中、該CCDカメラ60からの処理すべき信号は、既述の如く、所定の一定時間間隔のサンプリングで得て

12

おり、所定のサンプリングレイトでサンプリングしている。

【0032】ここに、制御の対象となる可動のステージは、そのスキャン時、固定の撮像側に対し、本来、常に、一定のスピード（（スキャン方向上の距離）／時間）で動くのが理想である。しかるに、実際には、フォトマスク等のパターンの如き微細構造の微少な寸法の高精度測定が要求されるというようなこの種の微少寸法測定においては、それに見合う程度の極めて高い精度のレベルでそのスキャンスピードをみたとき、厳密には、ステージは一定スピードでは移動しない。常に、高度に厳密に一定スピードでステージが動くとするなら、一定サンプリングレイトでのサンプリングは、それに伴って移動する試料のその被測定部の面上においても、一定の距離間隔でサンプリングしていることにほかならないから、得られる画像データの処理もそれを前提にできる。ところが、実際には、ステージスキャンのスピードの一定制御にも限界があるのが実情であり、従って、極めて正確に一定の距離間隔でサンプリングされているというようにはならず、信号サンプリングは、実距離との関係（スキャン方向上での実際の距離（長さ）との関係）では、（その距離間隔に関して）飛び飛びのものになる。もし、所定のステージスキャンスピードからスキャンスピードが速くなると、そのときは、サンプリング時間間隔は同じだから1サンプリング間隔ごとの距離は大きくなり、結果、得られるデータは疎の傾向になり、逆に、もし、スキャンスピードが遅くなると、サンプリング時間間隔は同じだから1サンプリング間隔ごとの距離は短くなり、得られるデータは密の傾向になる。

【0033】そこで、それを、もう一度並び替えるものである。即ち、実際のステージ位置の座標（既述の如く、これは、レーザー干渉計11による位置測定で、極めて高精度に、波長単位で得られる）を用いて、並び替えば、「正しい位置」での信号が分かる。つまり、スキャン方向に対して、スキャン時のスピードが一定ではなく、そのためステージが振動しながら移動すれば、そのようにステージが動くことから、或る部分は密なデータがあり、他の或る部分は疎なデータがあるというように、疎密になるところ、データがそのようなものになっても、それらデータとステージ位置座標値を関連付けることによって、即ち、その時、同時にモニタして得ているステージ位置座標を基準に、これを用いて、それぞれの本来の正しい位置で、再プロットすれば、測定対象のパターン部分の形状を的確に反映した正しい信号レベル波形が得られるものである。

【0034】これに加え、第二には、更に上記のように並び替えをするということは、下記のことも意味する。例えば、スキャン方向（本例では、X方向）の画像情報に着目していえば、実際には、そのスキャン方向に沿ってCCDカメラ60の画素が（行方向に）配列されて多

13

数存在するので、サンプリング瞬時、本実施例では、一点ではなくて、スキャン方向の或る幅でもってサンプリングデータが得られ、例えばN個画素のデータの扱いをしますと、その幅のN画素分を対象に、上記プロットができることになる。次のサンプリング瞬時でも、これに準じて処理しプロットすると、そのときもN画素個分に対応するものとなる。このように、1点の信号を一定時間間隔でサンプリングしていく場合のものとは比べ、本実施例方式に従い、ステージスキャンしながらN画素分を一定時間間隔でサンプリングしていくと、その画素分倍の、即ちN倍のプロットをとったのと同じになる。こうすると、画素間隔を緻密にできる多くのデータを得ることができる。

【0035】そして、例えば、前述の(c)の方法のように、単に撮像素子で撮像する場合であれば、そのときはその使用撮像素子側で決まる固有の画素数のデータしか得られないが、本実施例方式では、その撮像側のCCDカメラ60の取り込み画素数のデータに対し、ステージ50をスキャンしている間中のサンプリング(の実行回数)に比例した非常に多くのプロットを得ることができるものである。よって、例えば、前述の(b)の方式であると、仮にそのビームを1画素と考えれば、ステージスキャンを行っていても、単に、 $1 \times$  (サンプリングレイト)  $\times$  (時間分) 相当のデータしかそのスキャン中には得られず、一方また、(c)の方法では、2次元像を使用しても、「撮像素子の画素分のデータ」が図12下部のような信号処理の対象となるに止まるのに対し、本実施例方式の場合、基本的に、(各時点で取り込む撮像素子の画素の数分のデータ)  $\times$  (サンプリングレイト)  $\times$  (時間分) のデータが得られる。かくして、それがスキャン方向(X軸方向)、即ち寸法を測定する方向にばらまかれる(並び替え)わけであるから、非常に緻密なデータ構成とすることができ、よりきめ細かな寸法測定が可能となる。

【0036】そのようにして得られるプロットによる光学プロファイルは、例えば、縦軸を信号レベル、横軸の尺度をXステージ位置座標として示す図6のようなものとなるが、上記のデータの再構築は2次元で行えるため、スキャン方向であるX軸方向と平行な方向でプロットをするならば、パターン中心のみならず、該中心以外の中心から離れた他の部分を選んで信号レベルのプロットをしても、同じように、そのX軸方向に関して、間隔の緻密なデータによる光学プロファイルを得られる。

【0037】図2において、次のパターン寸法決定手順では、かかる光学プロファイルに対して、図6に示すような予め与えられたスライスレベルを適用してパターン寸法を決定する(ステップ130)。この場合において、そのようなスライスレベルを設けて、該レベルを基に寸法測定するときに適用するのは、ステージ位置情報である。即ち、基準となる尺度は、前述の(c)の方法

14

のように、光強度変化点間の画素個数についての情報に基づくものではなく、本実施例では、同時にレーザー干渉計11でモニタし、位置を測ることによって得られているその高精度のXステージ位置座標値であり、これを用いて、図6の如くの光学プロファイル上での信号レベル(光強度)変化特性とその設定スライスレベルとの各クロス点の間を、それぞれ対応するX座標値の差としてとらえて、その差分値から決まる長さ距離を演算し、求めるべきX方向のパターン寸法として得る。寸法測定処理部72では、このような演算処理を実行し、求められた寸法値を表示部75に表示する。

【0038】以上のようにして、本実施例によれば、試料1の微少部分の寸法を高精度に測定することができ、フォトマスク、IC等のパターンの寸法測定に用いて好適な微少寸法測定を実現できる。なお、同一の試料1の異なるパターン部分を測定対象として、それに対する寸法測定を行う場合は、当該パターン部分を新たな被測定部分とするよう、XYステージ50を移動させて、上述した手順(ステップ100~130)を実行させればよい。また、同一パターン部分を繰り返し測定する必要があるときは、Xステージを当初の位置に戻してから、再度同様にして上記手順により寸法測定を必要回数行うようにすればよい。

【0039】[同一箇所スキャンによる寸法測定] 次に、図7、8をも参照し、測定対象の微少部分の同一箇所がスキャンの対象とされるようにして、即ち測定箇所となるように、寸法測定を行う方法について説明する。パターンの微少寸法測定を行うとき、丸みを帯びたパターンを測定対象とする場合がある。このようなパターン、例えばコンタクトホールのように丸みを帯びたパターンに対して、測定再現性を向上させるためには、常にパターンの同一箇所を測定する(スキャンする)ことができるようにもすることが望ましく、これも正確な微少寸法測定を行う上での重要な事項のひとつとなる。

【0040】そこで、このような考察に基づき、以下に示すものでは、上記で述べてきた測定手法を基本に利用しつつ、測定対象(部分)に対する測定再現性を向上させるようにしようというものであり、ここでは、3回のスキャンでX/Y寸法を求める方法を採用する。図7、8はその原理内容をも示すもので、図7は、その一例としてのコンタクトホール寸法測定アルゴリズムであり、図8はその場合の内容、手順を示したものである。本測定方式も、測定システムの構成等は、基本的に、図1~6によるものの場合と同様である。

【0041】以下、要部を説明する。図7によるステップ200~220のホール位置検出Xスキャン、Y寸法測定スキャン、及びホール位置検出Yスキャン、X寸法測定スキャンも、中央処理装置としての寸法測定処理部72の制御の下で実行される。

【0042】[ステップ200] まず、図8(a)上部



15

に示す如くにコンタクトホールを被測定部として有する試料1をセットしたXYステージ50を、直交2軸の一方の方向にスキャンする。本例では、最初に、X軸方向へスキャンして、CCDカメラ60による2次元像及びXステージ位置座標をモニタしつつ、ホール位置検出Xスキャンを行わせる。これにより、同図(a)下部に示すようにして、図中のパターンのX方向の左右エッジ部分間の中央に相当する位置をパターン中心(パターンセンタ)として検出するが、この場合に、前述の測定方式に従ってこれを行うと、同様に、その光学プロファイルを得る際に、スキャン方向について緻密なデータを得ることができ、従って、そのX軸方向に関してのコンタクトホールのパターン中心の検出も、より正確なものとして行うことができる。該パターン中心は、X座標として求めることができる。

【0043】〔ステップ210〕次に、斯く検出したX軸方向パターン中心を基に、同図(b)に示すように、上記ホール位置検出Xスキャンと直交する方向(垂直な方向)のY軸方向へのXYステージ50のスキャンを実行させる。このとき、前述の①~④の測定方式により、当該コンタクトホールのY方向のパターン寸法の検出、決定を行うことができるとともに、同時に、上記ステップ200に準じて、Y方向に関するパターン中心の検出をも行うことができる。ここに、該パターン中心は、Y座標として求めることができる。

【0044】即ち、この場合、今度は、Yステージ位置座標を用いて、このときの寸法測定スキャン方向であるそのY軸方向と平行で、かつ、上記検出したX軸方向パターン中心位置での1次元方向(Y軸方向)の信号レベルをプロットすることにより得られる光学プロファイルに対してスライスレベルを用いてパターン寸法(Y寸法)を決定する。そして、更に、これを利用して、図中のパターンのY方向の上下エッジ部分間の中央に相当する位置を、Y軸方向に関してのそのコンタクトホールのパターン中心として検出することができる。このときも、寸法測定をしようとする方向、即ちそのスキャン方向であるY方向について、緻密なデータを得ることから、そのY軸方向に関してパターン中心検出も、同様に、より正確なものとしてなされる。

【0045】〔ステップ220〕そして、本例では、3回目に、斯く検出したY軸方向パターン中心を基に、同図(c)に示すように、X寸法測定のためXYステージ50のXスキャンを行う。これにより、このときの寸法測定スキャン方向であるX軸方向と平行で、そのY軸方向パターン中心位置での1次元方向(X軸方向)の信号レベルをプロットすることにより光学プロファイルを得、その光学プロファイルを用いて、当該コンタクトホールのX軸方向のパターン寸法を決定するものである。以上、3回のスキャンでX方向及びY方向寸法を求めることができ、この手順に従えば、同一の試料1上の同一

16

箇所の測定結果を得ることを確保し得て、測定再現性は向上する。

【0046】上記のようにして、たとえコンタクトホールのように丸みを帯びたパターンに対しても、本測定方式においては、測定再現性を向上させることができ、常にパターンの同一箇所(もしくは、実質的にはほぼ同一箇所)のスキャンによる測定をすることが可能となる。また、十字や、L字パターン等も同様の原理で、特定の場所をスキャンし、測定再現性を改善することができる。なお、本測定方式は、上記例示したパターン等以外の、そうでない通常のパターンに対し適用することを妨げるものではなく、繰り返し測定を行う場合に同一箇所の測定結果を得ようとするときに実施してもよい。

【0047】〔スキャン位置補正〕次に、スキャン位置補正を行う場合の測定方式の例を説明する。本測定方式は、ステージスキャンと垂直な方向、即ち直交する方向のステージ位置誤差の補正をも加味した微少寸法測定を実現しようというものである。かかる誤差を補正するためには、図9の如くに、例えば予め画像データは前述で述べた範囲より広めに取り込み、その中からステージ誤差eだけ中心からずれた位置の画素を採用することによって、画素単位でこの種の補正をするようになる。

【0048】これは、以下のような観点からのものである。前述したような(b)方法の如く、単にビームに対して試料をスキャンする方法のみに依存する手法だと、試料とビームの位置関係を、非常に高精度に保つのが困難である。即ち、機械系を動かすので、 $0.1\mu\text{m}$ オーダーの誤差が生じてしまう。

【0049】例えば、被測定対象が丸い穴の形状のものであると、通常、その真ん中のサイズ(中央部分を一直線で横切った場合に得られるクロスサイズ)を本来知りたいのであるが、もし、その(c)の方法で、中央部分から少しずれ(シフトした)た箇所をスキャンすると得られる測定結果は、本来求めるべき寸法サイズよりも小さな値のものとして測定されることになる。この点から考えると、ステージとビームの位置関係、即ちステージスキャン方向と直交する方向の位置関係を、極めて高精度に保ちながらステージをスキャンすることは非常に困難であって、そのための測定誤差が生じれば、測定再現性にも影響する。

【0050】図1以下で説明してきたXYステージ50を用いる本実施例装置では、既述の如く、画像として2次元像をとらえているのにもかかわらず、更に、加えてステージ側をスキャンするようにもしているが、そのようにすることとしたのは、このような面からの考察結果でもあって、上記のようなステージ誤差補正がある場合にも容易に対応可能となるものである。即ち、スキャンを制御することは、スキャン方向については、当該方向のレーザー干渉測距計によりそのステージ位置座標を常に検出していることから、問題はない。しかるに、スキ

ヤン方向と垂直な方向の位置は、単なるビームを用いるステージスキャン方式では適切な補正の手段がないのに対し、それをも補正しようとするのが、本スキャン位置補正である。

【0051】図9は、その一例として、スキャン方向（例えばX軸方向）と直交する方向（例えばY軸方向）のステージ位置誤差補正のための内容を示すものである。かかるスキャン位置補正を有する本測定方式も、測定システムの構成等は、基本的に、図1～6によるものの場合と同様である。補正のための処理は、寸法測定処理部72により行われる。

【0052】以下、要部を説明するに、今、XYステージ50上のセットした試料1の測定対象パターン部分を2次元像として撮像し、そして、XY方向のうちの一方の方向に当該試料をスキャンするようステージスキャンをする場合とする。また、測定方法の基本は、前述の①～④の測定方式によるものとする。ここに、図9中、破線で示すパターン部分及びそれに付した矢印の状態は、本来スキャンすべき位置（ステージ位置誤差がないとした理想の状態）を表し、他方、実線のパターン部分及びそれに付した矢印の状態が、スキャン方向と直交する方向のステージ位置誤差eによって、本来のものから図中上方へややずれた位置で実際にスキャンがされた状態を表す。

【0053】しかし、このような場合、そのスキャン方向と直交する方向に発生している試料1（サンプル）の位置の誤差は、本装置では、当該直交する方向の系の座標測定機としてのレーザー干渉計で正確に測ることができる。即ち、本実施例装置には、XYステージ50につき、各XY方向の系にそれぞれレーザー干渉計10が存在し、スキャン方向の系の場合と同様、その直交する方向の系にも、測距用のレーザー干渉計が設けられているので、スキャン中、そのステージ50のスキャン方向と直交する方向におけるステージ位置も測定（測長）することができる。よって、これによりスキャン方向と直交する方向に誤差eがどのくらい発生しているのか（どのくらいずれているのか）分かるので、CCDカメラ60で撮像している画素上で、実際のパターンによるそのパターン像が、上記直交する方向に対応する方向上（図9中上下方向上）に何画素分ずれているのかを検出することができる。

【0054】従って、前述の測定方式なら、その手順①（ステップ100）でスキャンしながら各サンプリング時点で画像を取り込むのに際し、図9のように、誤差eの量に応じて、スキャン方向と直交する方向上、予め広めの範囲で取り込む。ここに、図中例示するA1～3については、A1はカメラ60から取り込む領域、A2、A3は非取り込み領域を表し、そして、A1'は、取り込んだうちの実際に採用するデータの領域の範囲を表している。こうして、例えばCCDカメラ60から取り込

む領域については、或る幅をもって行い、そして不要な部分のデータについては破棄することができる。

【0055】上記のような領域A1'は、何画素分ずれているかを考慮して定められることとなる、そのパターン寸法測定に必要な領域であり、かかる領域だけの画素情報を取り込んで前述の②以降の手順を行えば、必要な画像データ等は、スキャン誤差があっても、パターンが実際スキャンがされた位置、状態に対応するものとして得ることができる。従って、例えば、パターンのセンタでのパターン寸法を求める場合なら、ステージ誤差eに応じた画素数分だけずれた位置の各サンプリング時の画素データを採用することによって、画素単位で補正をしつつセンタでのパターン寸法を正確に測定することができ、実際にスキャンがされたパターンの図9中の下縁部の箇所のパターン寸法を、センタのパターン寸法と誤測定することもない。これは、スキャンする場所がずれても、丁度センタのデータが得られるようにすることを意味し、ステージ50上の試料1が、ステージ位置誤差に起因してその分ずれていても、丁度、センタをスキャンしたのと同じ効果がある。

【0056】上記のようにして、本測定方式によるときは、更に、ステージスキャンと直交する方向のステージ位置誤差に対する補正をも加味した微少寸法測定を実現することができ、より一層の高精度化を図れる。なお、上記ステージ位置補正は、前述した被測定対象が丸い穴の形状のパターンである場合にも適用でき、本測定方式によれば、常に、真ん中のサイズの測定結果を得ることが容易に可能となる。また、前記図7、8で述べた、同一箇所スキャンによる手法のものにおいて、更に、かかる補正を付加すれば、よりその測定再現性の向上に効果的なものとなる。

【0057】なお、本発明は、以上の実施例に限定されるものではない。例えば、前記①～④の測定方式は、ステージがXYステージでない場合でも、実施してもよい。また、前記スキャン位置補正も、ステージがXYステージでない場合でも、実施してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の微少寸法測定方法の一実施例を示す図である。

【図2】同実施例装置による測定方式の内容の一例を示す手順図である。

【図3】その2次元像及びステージ位置モニタのための手順の一例の説明に供する図である。

【図4】測定対象のパターン部分の画像取り込みの説明に供する図である。

【図5】同じく、ステージスキャン中における画像取り込みの例の説明に供する図である。

【図6】光学プロファイル及びパターン寸法決定の例を示す図である。

【図7】他の測定方式の例を示すもので、コンタクトホ

19

ール等の場合に用いることのできる、寸法測定アルゴリズムを示す手順図である。

【図 8】その内容説明に供する図である。

【図 9】更に他の測定方式の例を示すもので、スキャン方向と直交する方向のステージ位置補正の説明に供する図である。

【図 10】典型的な従来のビームスキャンによる微小寸法測長方法を示す図である。

【図 11】撮像素子による 2 次元像を使用する方法を示す図である。

【図 12】同方法の内容の説明に供する図である。

【符号の説明】

20

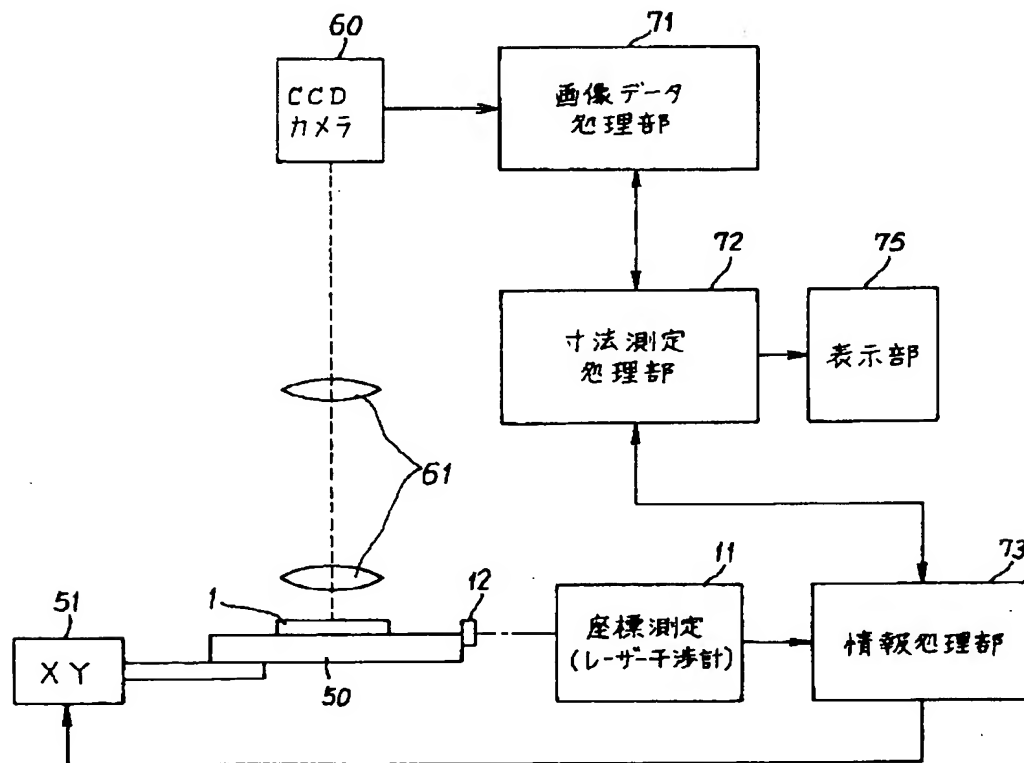
\* 1 試料

- 11 レーザ干渉計
- 12 ステージミラー
- 50 ステージ (XY ステージ)
- 51 ステージ駆動機構
- 60 CCD カメラ (撮像素子)
- 61 レンズ
- 71 画像データ処理部
- 72 寸法測定処理部
- 73 情報処理部
- 75 表示部

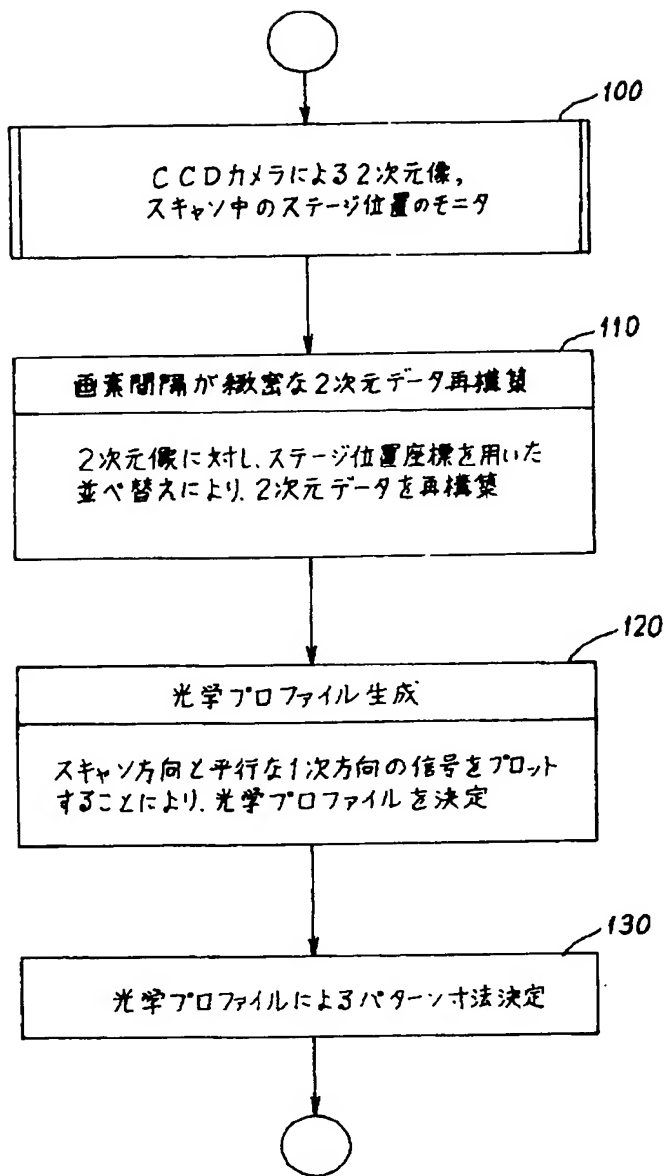
10

\*

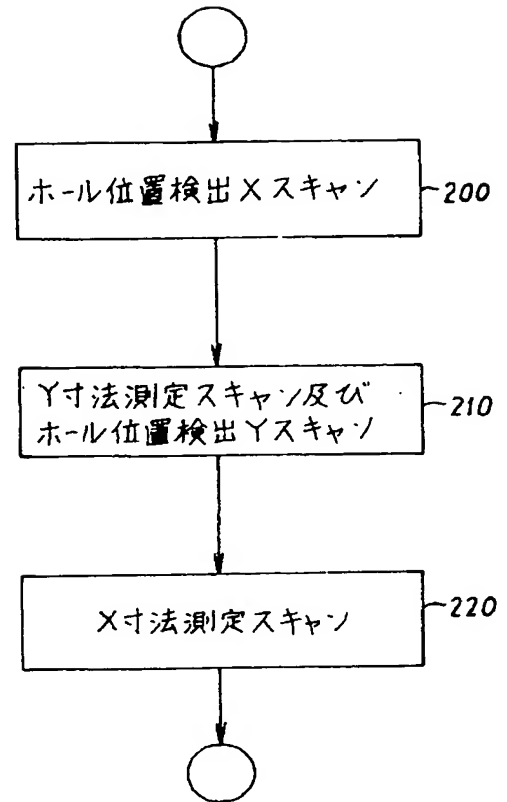
【図 1】



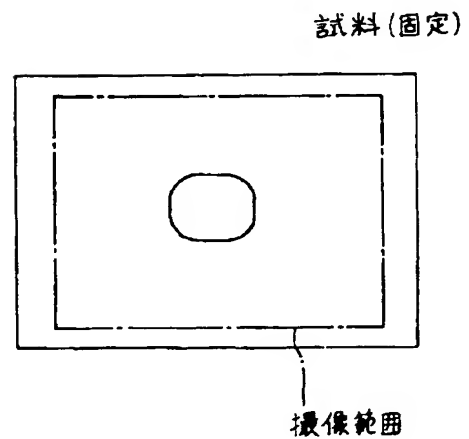
【図2】



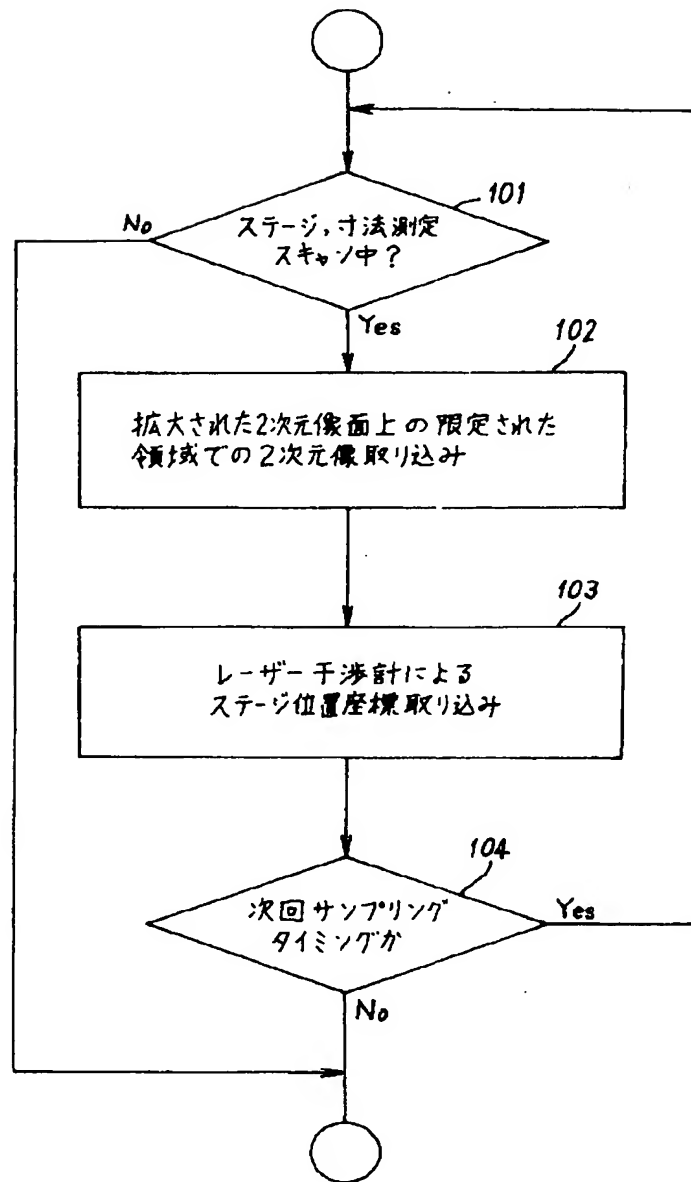
【図7】



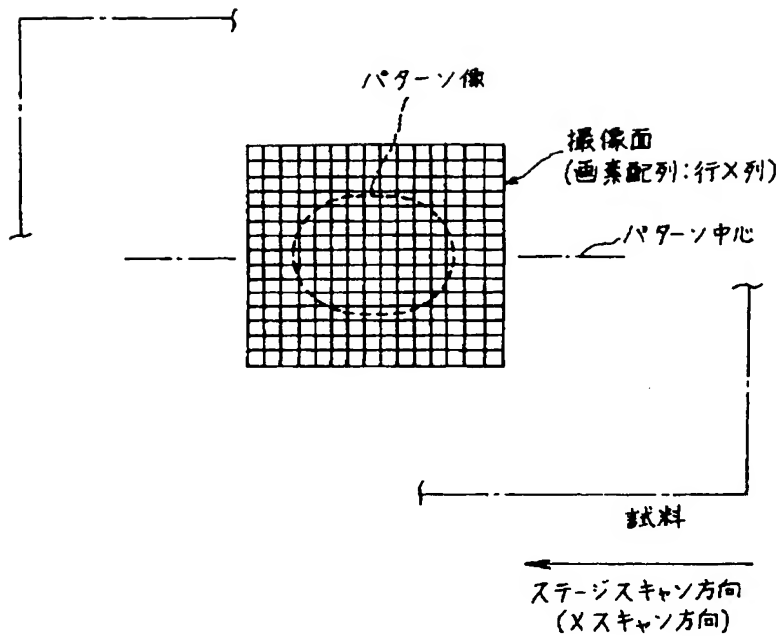
【図11】



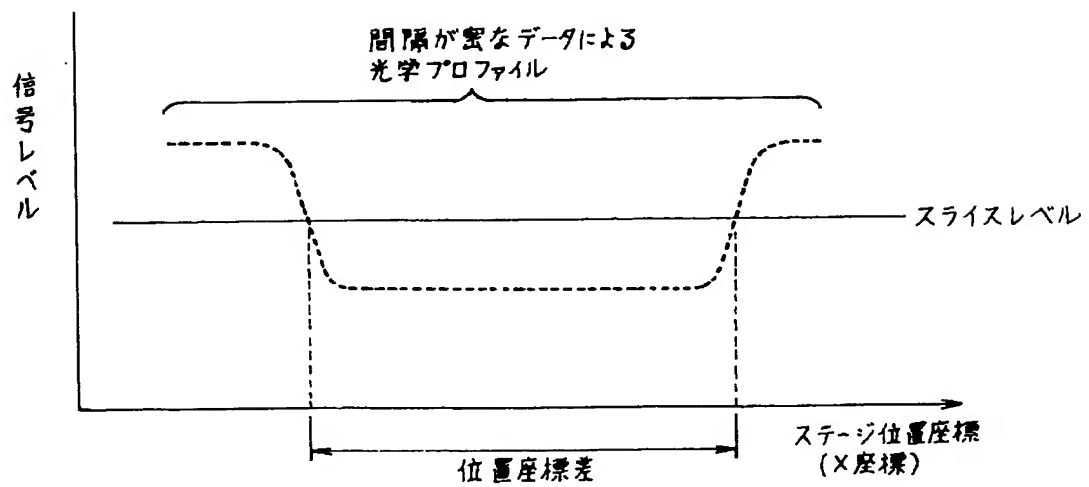
【図 3】



【図 4】

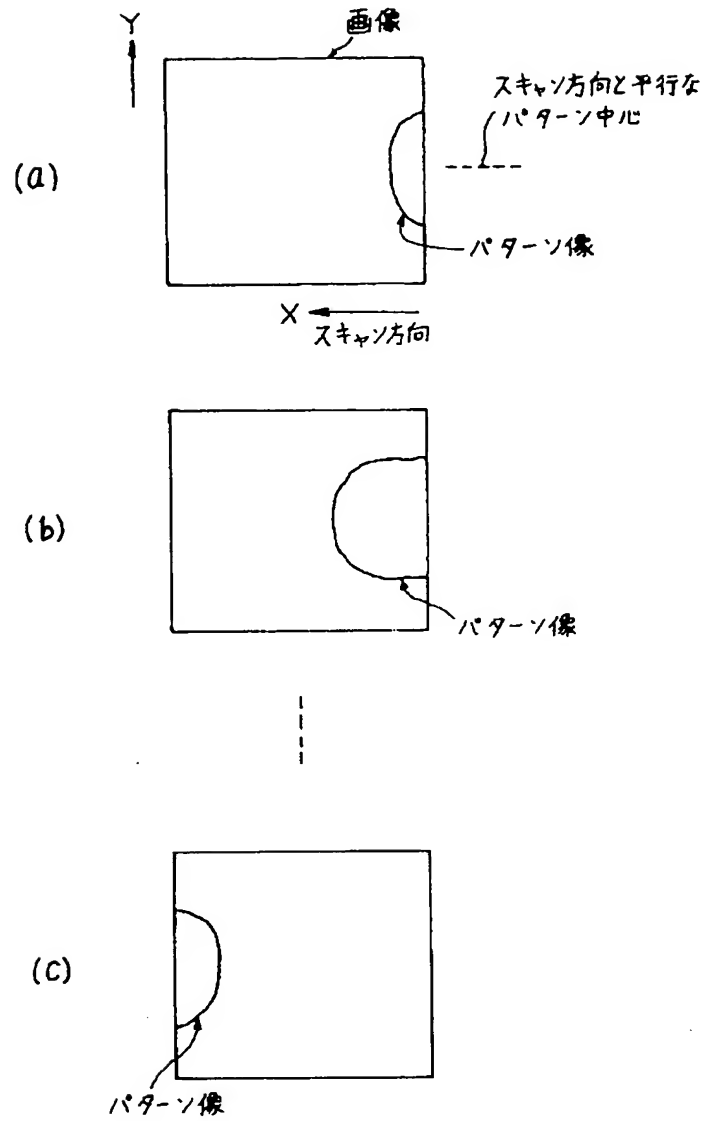


【図 6】

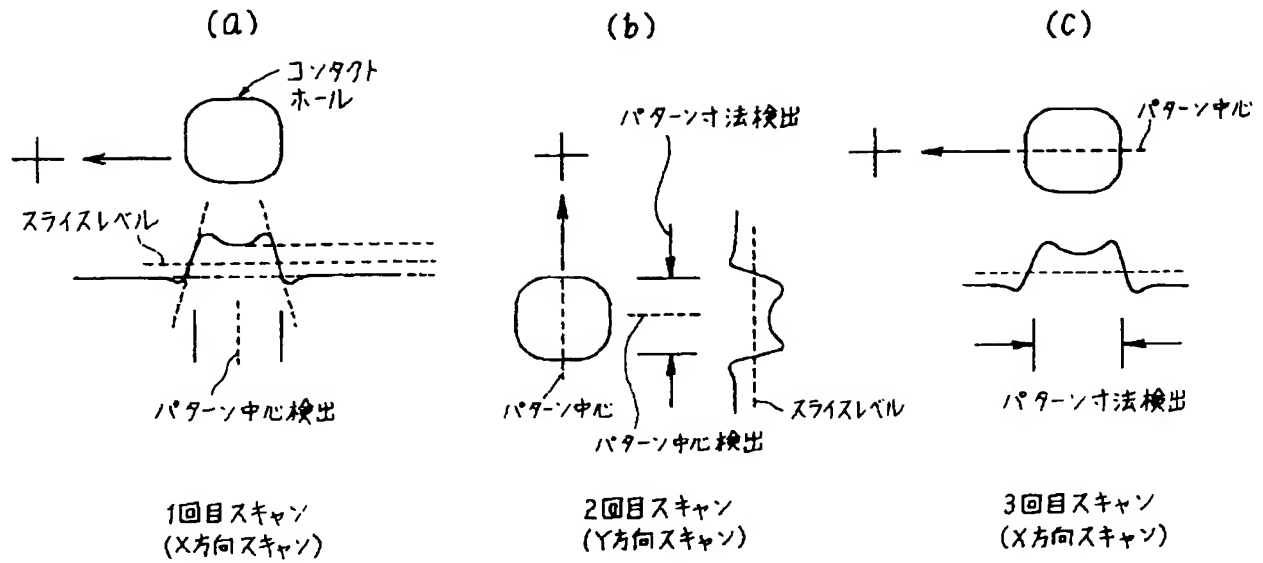




【図 5】

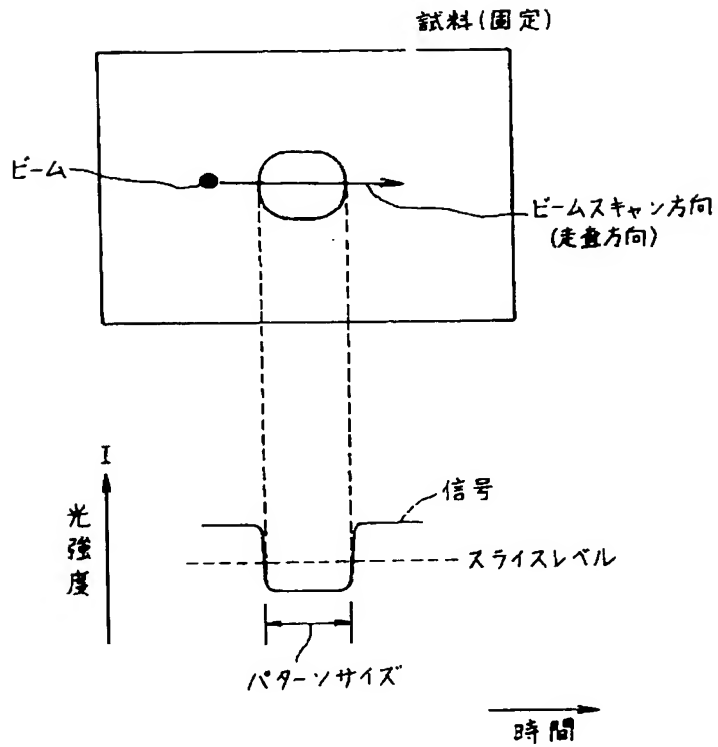


【図8】

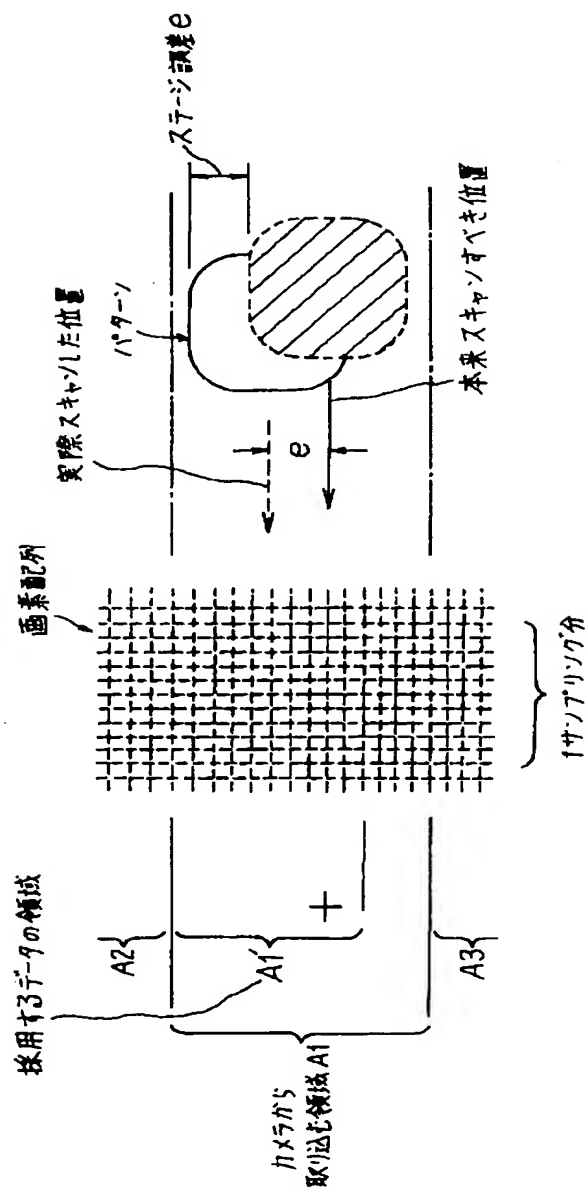


【図10】

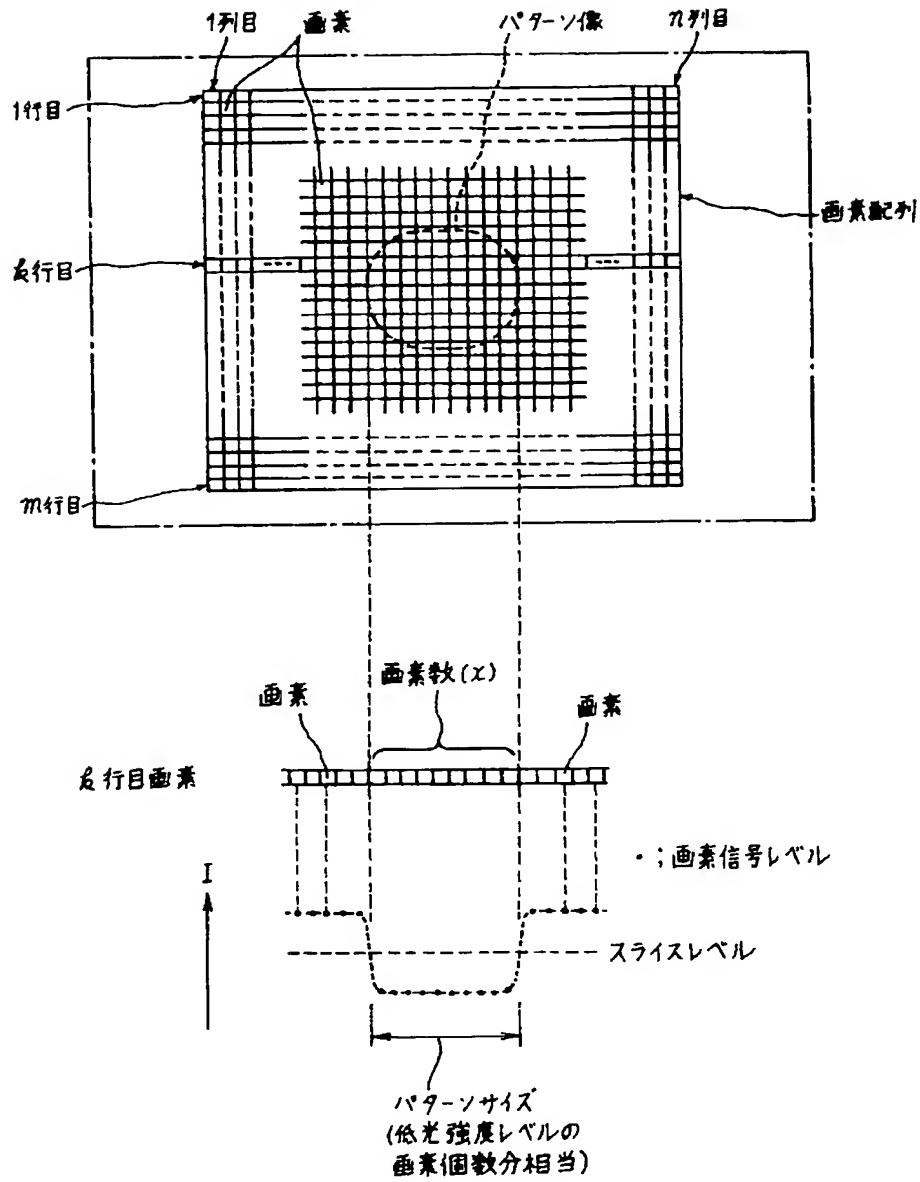
微小寸法測長方法



【図9】



【図 12】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**